

## УПРАВЛЕНИЕ ИНВАЛИДНОЙ КОЛЯСКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Д.И. Дроганов

Руководитель: А.С. Фадеев

Томский Политехнический Университет

d.droganov@yahoo.com

### Введение

Со стремительным развитием технологий появляется спрос на новые способы управления различными системами. Сегодня такие компании как Google и Tesla Motors, делают успешные попытки в создании самоуправляемых автомобилей, производители квадрокоптеров добавляют функции в свои продукты, позволяющие им самостоятельно обходить препятствия и производить экстренную посадку при низком заряде источника питания [1, 2].

Наряду с этим все большую популярность набирают нейрокомпьютерные интерфейсы. Подобные технологии применяются для управления квадрокоптерами, автомобилями, протезами, инвалидными колясками и др. [3, 4].

Нейрокомпьютерные интерфейсы - системы, использующие для управления сигналы мозга, которые работают по следующему принципу: на поверхности головы человека устанавливаются электроды, отвечающие за измерение электрических сигналов или их отсутствие. Зачастую электроды устанавливаются над проекционной зоной коры головного мозга (рисунок 1), которая отвечает за движение: когда человек двигается или думает о движении, нейроны проекционной зоны вырабатывают слабые электрические сигналы [5]:



Рис. 1. Проекционная зона коры головного мозга

Далее сигнал поступает на аналогово-цифровой преобразователь [6]. Затем дискретный сигнал поступает на цифровой сигнальный процессор, который реагирует на изменения частоты и амплитуды сигнала: когда мозг находится в состоянии покоя, нейроны вырабатывают сигналы частотой от 8 до 12 Гц (альфа волны), при высоком уровне концентрации и активных мыслительных процессах частота сигнала изменяется в пределах от 12 до 27 Гц (бета волны) (рисунок 2). Бета волны по сравнению с альфа волнами имеют меньшую амплитуду [7]:

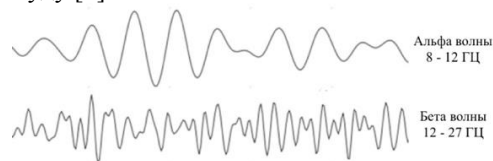


Рис. 2. Альфа и бета волны

Основываясь на представленных данных, было принято решение о создании инвалидной коляски, управляемой электрическими сигналами головного мозга.

### Система управления инвалидной коляской при помощи электрических сигналов головного мозга

На рисунке 3 представлена структурная схема системы:

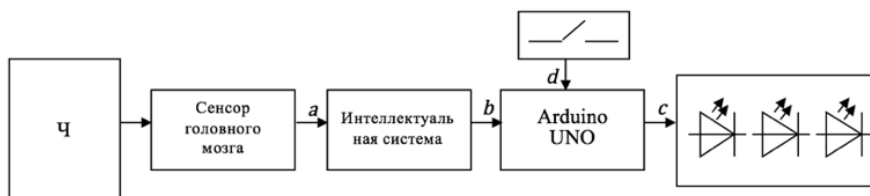


Рис. 3 Структурная схема системы

где Ч - человек, к поверхности кожи головы которого подключены электроды сенсора головного мозга. Сенсор головного мозга предназначен для снятия электроэнцефалограммы. Электроэнцефалография основана на измерении

разности потенциалов между двумя точками поверхности кожи головы, на которых установлены электроды. Интеллектуальная система включает в себя цифровой сигнальный процессор (компьютер), сверточную

искусственную нейронную сеть и хранилище обучающей выборки сигналов.

$a$  – электрический сигнал головного мозга, передаваемый в цифровом виде;  $b$  – числовое значение, соответствующее определенному действию систем;  $c$  – команда, вырабатываемая аппаратной платформой Arduino UNO, и передаваемая на исполнительные устройства;  $d$  – сигнал остановки, вырабатываемый кнопкой.

В данном проекте для управления объектом используются три набора данных, состоящих из волн, вырабатываемых головным мозгом: два набора данных бета волн и набор данных альфа волн. Для записи двух наборов бета волн человеком, на поверхности кожи головы которого были установлены электроды, производилось представление двух различных движений: сжатие левой руки в кулак – для записи первого набора данных бета волн и сжатие правой руки в кулак – для записи второго набора данных бета волн, соответственно. Набор данных альфа волн записывался при низком уровне концентрации.

Получаемые сигналы записывались в текстовые файлы, которые в дальнейшем загружались в Matlab. В Matlab на основе данных текстовых файлов строились графики по две тысячи точек каждый, на которых были изображены волны, вырабатываемые головным мозгом. Графики затем сохранялись в виде изображений для дальнейшей загрузки в искусственную нейронную сеть.

Сверточная искусственная нейронная сеть в данном проекте применяется для определения, к какому из трех наборов данных волн принадлежит поступающее на ее вход изображение. В данном проекте использовалась сверточная нейронная сеть TensorFlow – открытая библиотека, созданная инженерами Google, которая была обучена на миллионе изображений [8]. Результат работы нейросети записывался в текстовый файл.

Следующим этапом работы системы является передача команд в аппаратную платформу Arduino UNO. Для этого используется код на языке Python, отвечающий за распознавание текста в текстовых файлах и передачи результата распознавания в аппаратную платформу Arduino UNO.

При проверке результатов обучения сеть не показывала точность выше 80% на любом из наборов данных, поэтому представленный код ищет результаты с точностью от 80%. Также, значения выше 80% позволяют не учитывать результаты работы низкой точности, что снижает риск выполнения неверной команды.

В случае, если в результате работы нейросети содержится информация о том, что с наибольшей вероятностью в нейросеть был загружен график определенного набора данных, то платформе Arduino UNO передается цифра, соответствующая этому набору данных: 2, 3 или 4.

Когда платформе передается цифра 2, 3 или 4, загорается соответствующий полученному

значению светодиод. В случае, когда нажата кнопка, все светодиоды гаснут. Светодиоды имитируют работу двигателей, кнопка отвечает за остановку.

### Заключение

В данной работе была разработана и протестирована системы управления инвалидной коляской при помощи электрических сигналов головного мозга. Недостатком данной системы является отсутствие обработки электрических сигналов головного мозга в реальном масштабе времени. Также, данная система требует настройки для каждого отдельного пользователя индивидуально, что включает в себя запись наборов данных и обучение искусственной нейронной сети, так как волны, вырабатываемые головным мозгом, у каждого человека отличны от других. Планируется дальнейшее развитие данной системы, включающее обработку электрических сигналов головного мозга в реальном масштабе времени, а также непосредственную работу системы с использованием двигателей.

### Список использованных источников

1. Google Self-Driving Car Project [Электронный ресурс] / URL: <https://www.google.com/selfdrivingcar/>
2. Phantom 4 [Электронный ресурс] / URL: <http://www.dji.com/product/phantom-4>
3. Wheelchair Makes the Most of Brain Control [Электронный ресурс] / URL: <https://www.technologyreview.com/s/420756/wheelchair-makes-the-most-of-brain-control/>
4. Mind Controlled Drones Are Already A Reality [Электронный ресурс] / URL: <http://www.businessinsider.com/drones-you-can-control-with-your-mind-2014-10>
5. Mind over mechanics [Электронный ресурс] URL / [http://discover.umn.edu/news/science-technology/brain-computer-interface-allows-mind-control-robots?utm\\_source=youtube&utm\\_medium=uofmn&utm\\_campaign=social-media](http://discover.umn.edu/news/science-technology/brain-computer-interface-allows-mind-control-robots?utm_source=youtube&utm_medium=uofmn&utm_campaign=social-media)
6. Quadcopter control in three-dimensional space using a noninvasive motor imagery-based brain-computer interface [Электронный ресурс] / URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1741-2560/10/4/046003?fromSearchPage=true>
7. Brain Waves – Overview of The Science Behind Neuro-Programmer [Электронный ресурс] / URL: <https://www.transparentcorp.com/products/np/brainwaves.php>
8. TensorFlow [Электронный ресурс] / URL: <https://www.tensorflow.org>